

拡張現実感による風味誘導を利用したダイエット支援システムの提案

A diet support system using flavor induction by augmented reality

國分三輝*, 村上友里恵**

Mitsuteru KOKUBUN, Yurie MURAKAMI

要 旨

病気治療・予防のためのダイエットや、正常体重肥満を誘発しにくいダイエット行動の支援を狙い、拡張現実感により視覚情報を操作して食品のおいしさや風味を誘導するシステムを構築した。また、システムによる風味誘導の効果とその持続性を検討した。クッキーを対象として、大学生8名にシステムを利用させた結果、システム利用によってクッキーのおいしさが高まる傾向を確認した。また、意図した方向への風味誘導の可能性も示された。さらに、繰り返し食べた場合でも、おいしさや風味は維持された。

キーワード： バーチャルリアリティ, 拡張現実感, 風味誘導, ダイエット

1. はじめに

「ダイエット」は“健康または美容上、肥満を防ぐために食事を制限すること（松村，2012）”または“（規定食の意）美容・健康保持のために食事の量・種類を制限すること（新村，2008）”などと定義される。ダイエットは一般的に、美容・痩身のための食事制限と捉えられることが多いが、病気の治療や予防、介護、健康の維持や増進等における、それぞれの目的に応じた食事療法や各主成分調整された食事などを包含する概念である。

病気の治療や予防を目的としたダイエット（食事療法）では例えば、糖尿病に対する各種栄養素の制限（野村ら，2014）、肥満症に対する糖質や脂質の制限（宮崎，2007）、高血圧症に対する減塩（吉村ら，1991）などがあげられる。いずれの場合も、炭水化物（糖質）、たんぱく質、脂質、塩分などの量や割合を制限・調整した食事が用いられる。また、食事療法を目的としない一般的な病院給食でも、平均的な食事（国民健康・栄養調査による値）に比べて脂質や食塩が少ない傾向がある（岡村ら，2007）。このような食事は「おいしさ」や「満足感」を感じにくいいため、患者にストレスを生じさせ、食事療法の遵守や継続を難しくしている（泉ら，2012）。制限された食事の中でも、いかに「おいしさ」や「満足感」を高めるかが重要になっている。

美容・痩身を目的としたダイエット行動は特に若い世代の女性で多く、例えば前田ら（2014）の調査では女子大学生の57%に、また、田中（2011）の調査では女子大学生の89%にダイエット経験があった。ダイエットの方法としては、食事の総量を減らしたり、間食を抜いたり、決められた食事メニューのみを食べるなどがおこなわれている（高橋ら，2004）。痩身のためのダイエットは時に過激で短期的な食事制限により拒食や過食を招くばかりでなく、正常体重肥満（肥満度を表す体格指数のひとつであるBMI（Body Mass Index）は

* 愛知淑徳大学人間情報学部 mkoku@asu.aasa.ac.jp

** 株式会社エディオン（人間情報学部2014年度卒業生）

標準的だが、体脂肪率が高く生活習慣病との関連も指摘されている)を誘発しやすいとされている(間瀬ら, 2012)。痩身のための過激で短期的なダイエット行動を促進・支援する必要はないが、「緩やかな」ダイエットを支援することにより、生活習慣病のリスクとなる正常体重肥満の予防を促進・支援する意義はある。

このように成分や総量などが制限されたダイエット食に対する主観的な満足感を向上させようとする工学的な取り組みとして、バーチャルリアリティ (Virtual Reality ; VR) 技術の一種である拡張現実感 (Augmented Reality ; AR) を用いて、食品の見た目や風味を仮想的に変化させようとする研究がある。鳴海ら (2010) は、同じ味のクッキーに対して、視覚的に様々な外観のクッキーのコンピュータグラフィックス (Computer Graphics ; CG) を重畳表示した映像をヘッドマウントディスプレイ (Head-Mounted Display ; HMD) で提示すると同時に、様々な香料による匂いを提示するシステム「メタクッキー」を提案している。これにより、同じクッキーに対して様々な風味を感じさせること(風味誘導)ができることを検証した。また、鳴海ら (2013) は、様々な食品の大きさを、実際の大きさより拡大または縮小させた CG 映像を HMD に提示する「拡張満腹感システム」を提案している。実際の食品の大きさより縮小表示させた場合に比べ、拡大表示させた場合に、より少ない量で満腹感を感じられることを確認した。

実際にダイエット食品そのものの風味を改良するための工夫には手間がかかるうえ、風味の嗜好性には個人差も大きいので、あらゆるダイエット食品利用者に対応することは難しい。また、制限すべき栄養成分が多い場合には、風味の工夫にも限界がある。そこで、メタクッキーや拡張満腹感システムのように、食品はそのままに、仮想的に風味を誘導する工学的なダイエット支援は簡便かつ有用な手段として期待できる。しかしながら現状、匂い提示もおこなうメタクッキーはシステム構成が複雑であり、ダイエット現場への直接的な応用は難しい。視覚的な情報の操作のみでも風味誘導できることが確認できれば、より簡易な構成による応用の可能性が高まるだろう。また、このようなシステムによる風味誘導や満足感の持続性については検討されていない。これらの持続性が確認できれば、長期的に実施する必要がある「緩やかな」ダイエットに利用できる。

本研究では第一に、鳴海ら (2010) のメタクッキーを参考に、AR を用いて視覚情報により風味誘導をおこなうシステムを構築した。第二に、視覚情報のみの操作による風味誘導の可能性を実験的に検討した。この際、単に特定の風味に誘導できるかを確認するのではなく、五つの味覚要素(甘味・酸味・塩味・苦味・旨味)の主観的な変化を検討した。第三に、本システムによって繰り返して風味誘導をおこなった場合の主観的な満足感(おいしさ)の変化を検討した。これらにより、AR を用いた「おいしく続けられる」ダイエット支援システムの可能性を検討した。

2. AR 風味誘導システムの構築

2.1 システムの仕様・構成

AR 風味誘導システム(以下、単に「システム」と記載する)は、パーソナルコンピュータ (Dell Vostro 3500, Windows 7 Professional), Web カメラ (ELECOM UCAM-C0220FB), 両眼タイプの HMD (Vuzix AV920), および映像変換器 (アナログ RGB—RCA コンポジット変換) で構成した (図 1)。この HMD はサイドバイサイド方式等による立体表示が可能なものであったが、本研究では立体視は利用しない簡易な構成とした。

2.2 ソフトウェア

システムのソフトウェア構築には Processing 1.5.1 を用いた。また、AR 機能を実装するためのライブラリとして NyARToolkit for processing 1.1.6 を、Metasequoia 形式の 3DCG モデル (mqo 形式) を表示させるためのライブラリとして MqoViewer Library for Processing 0.4a を用いた。Web カメラで撮影された画像中から特定のマーカを認識して三次元座標系を定義し、任意の 3DCG を重畳表示する、マーカ型 AR システムとして構成した。食品や食器に対して刻印・印刷されたマーカを認識し、任意の形状やテクスチャで構成された

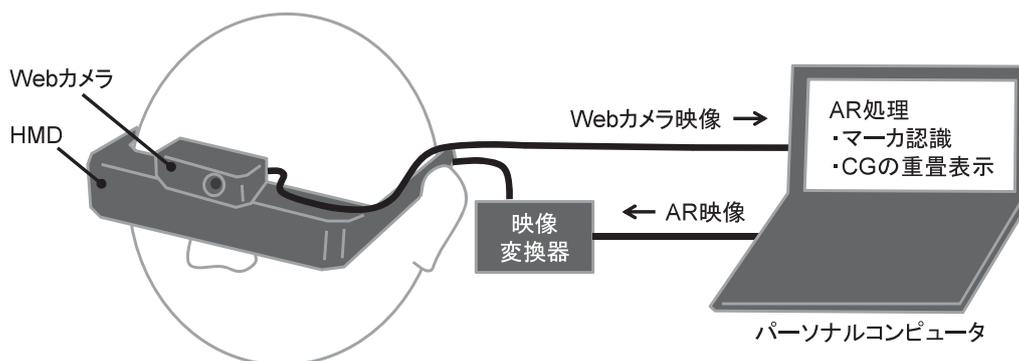
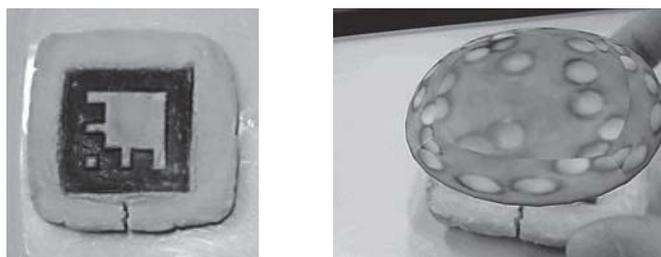


図1 AR風味誘導システムの構成



(a) クッキーに刻印されたマーカ (b) 任意の形状・テクスチャの3DCGの重量表示

図2 システムによるAR表示の例

3DCGの食品を表示することを想定した(図2(a-b))。

3. システムによる風味誘導効果とおいしさの持続性の検討

3.1 目的

ARによって視覚情報のみを操作する本システムにより風味誘導が可能かどうかを実験的に検討した。この際、単に特定の風味に誘導できるかを確認するのではなく、五つの味覚要素(甘味・酸味・塩味・苦味・旨味)の主観的な変化を検討することで、本システムによって様々な風味への誘導が可能か否かを検討した。また、本システムを用いて繰り返し同じ食品を食べた場合のおいしさや風味の持続性を検討し、長期的な「緩やかな」ダイエットを支援できる可能性を検討した。

3.2 方法

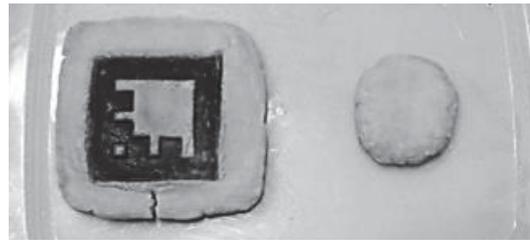
3.2.1 実験参加者

愛知淑徳大学の女子大学生8名(平均年齢20.9歳, S. D. = 1.4歳)が実験に参加した。参加者らは日常的にはダイエット行動をおこなっておらず、本実験参加前の食事についても特に制限などは設けなかった。

3.2.2 実験刺激(クッキー)

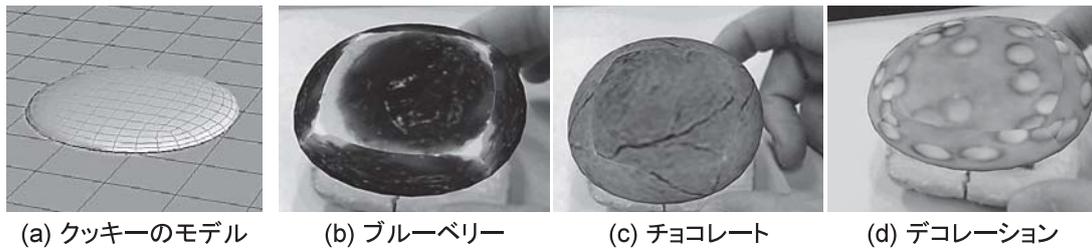
各種成分が制限されたダイエット食品を想定・模擬し、できる限り無味に近いクッキーを製造した。材料は、クッキーミックス粉と小麦粉を1:1の割合で混ぜたもの、バター40g、卵1個を使用した。生地を正方形(約40mm四方)に成型し、170℃に熱したオーブンで5分間焼いた。ここで、システム用マーカの模様(図2(a)参照)を焼印を用いて刻印した。その後再び170℃に熱したオーブンで15分間焼いた。これを「観察用クッキー」とした(図3(a))。また、同じ材料・方法によりマーカ刻印のないクッキー(約20mm四方)を製造し、これを「実食用クッキー」とした(図3(b))。

3.2.3 実験刺激(3DCGモデル)



(a) 観察用クッキー (b) 実食用クッキー

図3 実験に用いたクッキー



(a) クッキーのモデル (b) ブルーベリー (c) チョコレート (d) デコレーション

図4 システムで観察させたクッキーの3DCGモデルとテクスチャ

システムを用いて参加者に観察させるクッキーの3DCGのモデルを、Metasequoia 3.1.4を用いて作成した(図4(a))。その後、ブルーベリークッキー、チョコレートクッキー、およびデコレーションクッキーの3種類のテクスチャ画像を作成し、このモデルに対してマッピングした(図4(b-d))。

3.2.4 手続き

参加者にシステムのHMDを装着させ、皿の上に置いた観察用クッキーを15秒間観察させた。HMD内のスクリーンには、観察用クッキーの上にブルーベリー、チョコレート、デコレーションのいずれかのクッキーのCGが重畳して表示された。また、何も重畳させず、観察用クッキーをそのまま観察させる条件(ベース)も設定し、合計4条件とした。観察後、参加者に目を閉じさせ、実食用クッキーを渡して実食させた。4条件の実施順序は参加者間でカウンターバランスした。参加者に与えた教示を以下に示す。

「今から4枚のクッキーを食べてもらいます。クッキーの味は教えません。はじめに、提示するクッキーをよく見てください。その後目を閉じて手を出してください。手の上にクッキーを乗せるので、目を閉じながら、全て食べてください。クッキーを食べ終わったらアンケートに答えていただきます。アンケートへの記入が終わったら水を飲んでください。」

3.2.5 風味アンケートとその分析

参加者はクッキーの実食後、実食したクッキーの総合的な「おいしさ」の程度、および五つの味覚要素(甘味、酸味、塩味、苦味、旨味)を感じた程度について、それぞれ「全く感じない(1)」から「とてもよく感じる(5)」の5段階で評価した。アンケート評価値の分析には、統計解析ソフトウェアR 3.2.2を用いた。

3.3 結果

3.3.1 総合的なおいしさの程度

視覚情報の操作のみの本システムによって風味が誘導できたかを検討するため、刺激ごとの「おいしさ」を比較した(図5)。4種類の刺激を要因とした分散分析の結果、刺激の効果が有意であった($F(3, 21) = 9.47$, $p < .01$)。TukeyのHSD法による多重比較の結果、チョコレートはブルーベリーおよびデコレーションより有意においしさの程度が小さかった($p < .05$)。ベースとその他の刺激間には統計的有意差は確認できなかったが、ブルーベリーとデコレーションにおいてベースよりおいしさが高まる傾向がみられた。

3.3.2 五つの味覚要素の程度

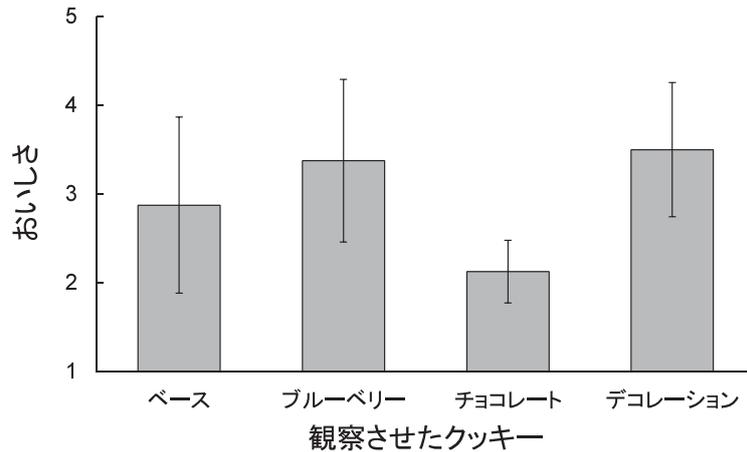


図5 刺激ごとの「おいしさ」の程度

本システムによる様々な風味への誘導可能性を検討するため、刺激ごとに五つの味覚要素の程度を比較した(図6(a))。刺激(4)×味覚要素(5)の二要因分散分析の結果、味覚要素の効果のみ有意であった ($F(4, 28) =$

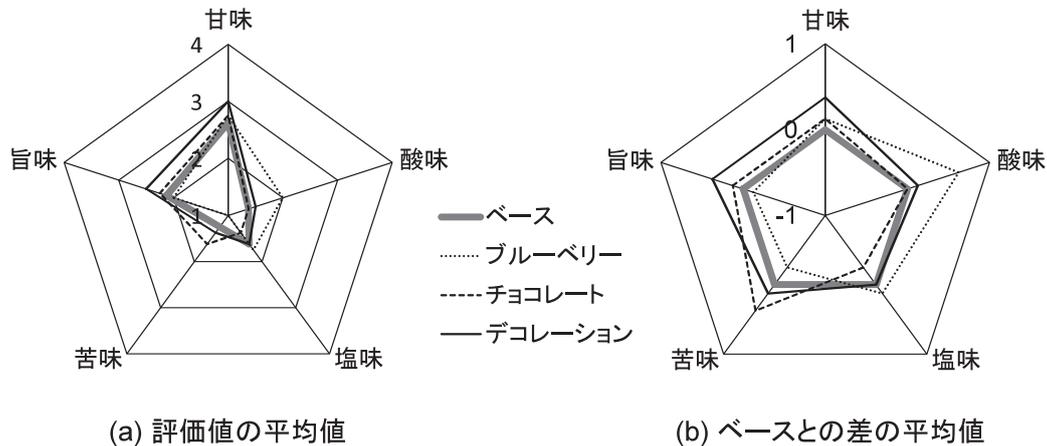


図6 刺激ごとの五つの味覚要素の程度

5.82, $p < .01$)。HSD法による多重比較の結果、甘味は、酸味、塩味、苦味より有意に大きかった ($p < .01$)。また、旨味は、酸味、塩味、苦味より有意に大きかった ($p < .05$)。刺激と味覚要素の交互作用は統計的に有意ではなかったが、各味覚要素に対する評価値のベースとの差を検討したところ、ブルーベリーにおいて酸味が、チョコレートにおいて苦味が、デコレーションにおいて甘味と旨味が増す傾向がみられた(図6(b))。

3.3.3 おいしさの持続性

本システムの利用により感じた「おいしさ」の持続性を検討するため、試行回によるおいしさの程度を比較した(図7)。4回の試行を要因とした分散分析の結果、試行の効果が有意傾向であった ($F(3, 21) = 2.55$, $p < .10$)。HSD法による多重比較の結果、1回目に比べて4回目のおいしさが高い傾向がみられた ($p < .10$)。

3.3.4 味覚要素ごとの持続性

本システムの利用により感じた五つの味覚要素の持続性を検討するため、試行回による各味覚要素の程度を比較した(図8)。味覚要素(5)×試行(4)の二要因分散分析の結果、味覚要素の効果のみ有意であり ($F(4, 28) = 5.83$, $p < .01$)、試行の効果 ($F(3, 21) = 2.69$, n. s.) および交互作用 ($F(12, 84) = 0.58$, n. s.) は有意ではなかった。

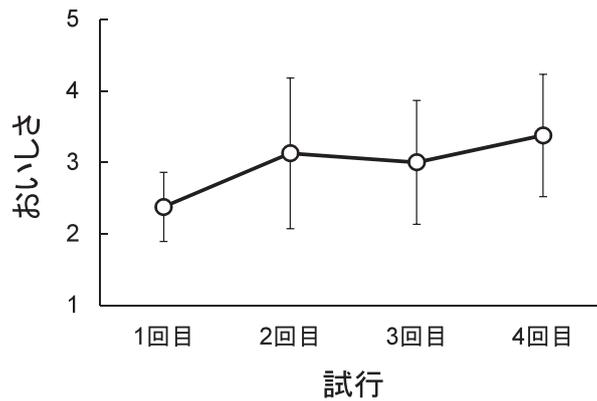


図7 おいしさの持続性

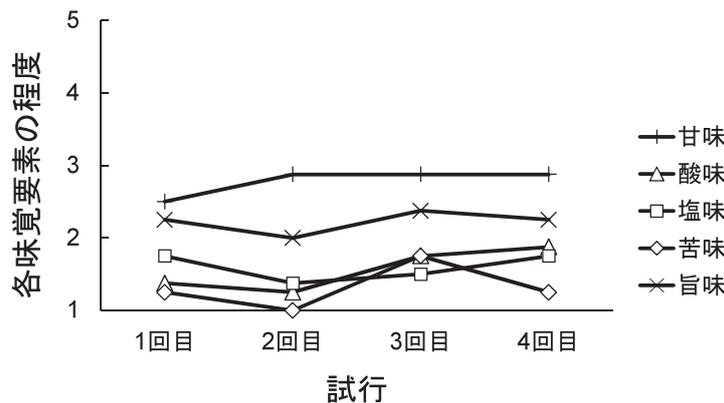


図8 五つの味覚要素の持続性

4. システムとその効果の考察

4.1 システムの風味誘導効果

今回構築したシステムでは視覚情報のみのARによって風味誘導を試みたが、視覚情報の操作のみであっても、ある程度の風味誘導は可能であることが分かった。統計的に有意ではなかったが、デコレーションとブルーベリーでは何も重畳表示させないベースよりもおいしく感じる傾向がみられた。部分的ではあるが、ARを用いた視覚情報操作の有効性が示唆された。しかしながら、チョコレートではベースよりもおいしさの程度が低下するなど、常に食品をおいしく感じさせることができるとはいえなかった。AR表示に用いるテクスチャ画像の質やマッピング方法、狙う風味を想起しやすい形状やテクスチャなどを工夫していく必要があるだろう。

五つの味覚要素を感じた程度の比較からは、例えばブルーベリーでは酸味が、チョコレートでは苦味が増すなど、視覚情報の操作のみであっても、異なる風味を感じさせることができる可能性が示唆された。今回の実験では、各条件がどのような風味を狙ったものかを参加者に伝えていないため、視覚情報のみをもとに風味が変化して感じられたといえる。しかしながら、これらの風味の変化量は大きくはなく、統計的有意性も確認できなかった。今回の実験で確認できた程度の風味の変化量によって、利用者の満足感がどの程度維持・増進できるかについては、追加検討が必要であろう。また、今回はダイエット食品の事例としてクッキーを用いたが、通常の調理食品（例えば、肉じゃが、味噌汁など）や、より微妙な風味を味わうような食品（例えば、白米、食パンなど）についても効果が得られるか、確認していく必要があるだろう。

4.2 風味誘導効果の持続性

今回の実験では、参加者が4回の試行で実食したクッキーは同じ材料・製法で製造されたクッキーであり、風味は同一であった。実食用クッキーのサイズは小さいものであったが、繰り返し同じ食品を食べることで、

少なからず「飽き」が生じたり、満腹感によっておいしさが低下したりすると予想できる。しかし本実験では、1回目に比べて4回目でおいしが高まる傾向がみられた。

味覚要素ごとの持続性については、4回の試行の中では変化がみられなかった。今回、できる限り無味に近いクッキーの製造を試みたものの、実際には、原料のクッキーミックス粉やバターなどから感じる甘味があった。甘い食品を繰り返し食べた場合に、甘味の風味に慣れが生じることも考えられたが、本実験では、繰り返し食べることによって生じる風味の変化は確認されなかった。

ダイエット食品利用時の「飽き」の問題や、ダイエットでの長期的な利用を考えると、これらの効果は有意義なものであったといえる。ただし、本実験の試行は全体でも数十分程度でおこなわれたものであるため、より長期の持続性についてはさらなる検討が必要である。

4.3 システムの仕様・性能

今回構築したシステムにより、風味誘導がある程度可能であり、短期的には持続性も確認できた。しかしながら、本システムをダイエット現場で活用していくためにはいくつかの問題点が考えられる。

まず、パソコン、Webカメラ、映像変換器、およびHMDというシステム構成は、従来に比べれば簡易とはいえ、実際にこれらのシステムを日常的に運用することは難しいだろう。例えば、外出先や旅行先での食事には、持ち運びの面で利用が困難である。また、特定のマーカ認識によってAR表示をおこなうシステムであるため、マーカが刻印された限られた食品を利用するか、マーカが印刷された食器を利用するなど、利用上の制約が多い。近年普及したスマートフォンなど持ち運びが容易なデバイスによる実装や、食品の自動認識などマーカを用いない方式を検討していく必要があるだろう。

また、今回ダイエット食品の事例として用いたクッキーは、比較的シンプルな形状の3DCGモデルやテクスチャによって視覚情報の操作が可能であった。より複雑な形状や質感が求められる食品の場合、3DCGモデルの準備やそのクオリティの維持が非常に困難になることが予想される。

さらに、たとえこのようなシステムによって風味誘導効果が得られたとしても、実際に食べている食品とは異なる風味に「誘導されている」と知りながら食事をすることは、利用者の満足感を下げてしまう可能性がある。食事という状況におけるこのようなシステムの実用性についても、さらなる検討が必要であろう。

5. まとめ

本研究では、病気の治療や予防のためのダイエット（食事療法）や、正常体重肥満を誘発しにくい「緩やかな」ダイエット行動を支援することを狙い、拡張現実感（AR）により視覚情報を操作して食品のおいしさや風味を誘導するシステム（AR風味誘導システム）を構築するとともに、システムによる風味誘導の効果とその持続性を検討した。これらにより、「おいしく続けられる」ダイエット支援システムの可能性を検討した。

AR風味誘導システムは、パソコン、Webカメラ、映像変換器、およびヘッドマウントディスプレイ（HMD）で構成した。ダイエット食を想定・模擬して製造したクッキーに刻印されたマーカを認識し、様々なクッキーのテクスチャ画像をマッピングした3DCGをクッキー上に重畳表示させた。利用者がHMDを装着して食事をおこなうことで、実際のダイエット食品よりおいしく、様々な風味を感じることで、ダイエット食品に対する満足感を高めることを狙った。

本システムを女子大学生8名に利用させ、「おいしさ」と五つの味覚要素（甘味、酸味、塩味、苦味、旨味）の変化について、アンケートによる主観評価をもとに検討した。その結果、システム利用により、食品のおいしが高まる傾向を確認した。また、ブルーベリークッキーの重畳表示に対して酸味を、チョコレートクッキーに対して苦味を、デコレーションクッキーに対して甘味や旨味を感じるなどの傾向がみられ、意図した方向に風味誘導できる可能性が示された。風味誘導の持続性については、実験実施中の短い時間ではあるが、繰り返

し4回食べた場合でも、おいしさや五つの味覚要素の程度が低下することはなかった。

今回提案したシステムをそのまま実際のダイエットの現場に応用するには様々な困難があると考えられる。しかしながら、スマートフォンなどを用いた実装や、マーカを用いない方式の利用などにより、簡便なダイエット支援方法として活用できる可能性はある。本研究を通じ、視覚情報の操作による風味誘導の効果およびその持続性について確認することができたため、今後は、実用性を高めるシステム改良や、より長期的な効果についても検討したい。

参考文献

- 泉妃咲・富永晴郎・中島千鹿子・内田淳一・渡辺雄一・塚本洋子・井上岳・山田洋子・山田善史・山田悟 (2012). 健常者における低糖質ケーキが糖脂質指標に与える影響—低糖質ケーキは血糖値を上げにくい—. 糖尿病, 55(6), 380-385.
- 前田則子・久松美佐子 (2014). A 学園女子短大生および大学生の自己体型認識が及ぼす影響. 鹿児島純心女子大学看護栄養学部紀要, 18, 56-61.
- 間瀬知紀・宮脇千恵美・甲田勝康・藤田裕規・沖田善光・小原久未子・見正富美子・中村晴信 (2012). 女子学生における正常体重肥満と食行動との関連性. 日本公衆衛生雑誌, 59(6), 371-380.
- 松村明 (監修) (2012). 大辞泉 (第二版) 小学館
- 宮崎滋 (2007). 肥満症治療ガイドライン. 栄養学雑誌, 65(1), 1-10.
- 鳴海拓志・谷川智洋・梶波崇・廣瀬通孝 (2010). メタクッキー：感覚間相互作用を用いた味覚ディスプレイの検討. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 15(4), 579-588.
- 鳴海拓志・伴祐樹・梶波崇・谷川智洋・廣瀬通孝 (2013). 拡張現実感を利用した食品ボリュームの操作による満腹感の操作. 情報処理学会論文誌, 54(4), 1422-1432.
- 野村希代子・角田美紀子・杉山寿美 (2015). 糖尿病の食事療法を目的とした献立のエネルギーおよび栄養素量. 広島女学院大学人間生活学部紀要, 2, 35-42.
- 岡村吉隆・中森裕香・濱野敦子・樋口直子・吉田麻優美・奥田豊子 (2007). 病院給食における食事摂取基準による栄養管理—不足しがちな栄養素について—. 千里金蘭大学紀要 (生活科学部・人間社会学部), 4, 1-13.
- 新村出 (編) (2008). 広辞苑 (第六版) 岩波書店
- 高橋亜矢子・宮川豊美 (2004). 女子学生の身体状況並びに体型意識とダイエットに関する調査研究. 和洋女子大学紀要 (家政系編), 44, 41-60.
- 田中マキ子 (2011). 若年女性における「瘦身願望」とその実態—過食・拒食の経験—. 尚美学園大学総合政策論集, 13, 73-85.
- 吉村学・高橋伯夫・中西正 (1991). ナトリウム, カリウム, カルシウム, マグネシウムの昇圧・降圧機序と高血圧食事療法. 栄養学雑誌, 49(2), 53-62.